

Cite No.2

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

BEST AVAILABLE COPY

(11)Publication number : 09-074246

(43)Date of publication of application : 18.03.1997

(51)Int.Cl.

H01S 3/18

(21)Application number : 07-230008

(71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 07.09.1995

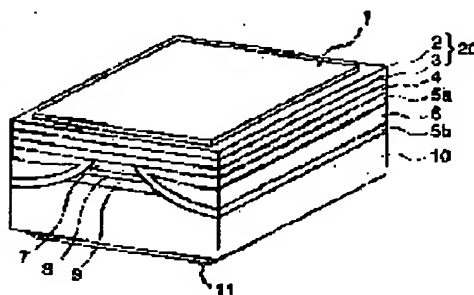
(72)Inventor : TAKAGI KAZUHISA

(54) SEMICONDUCTOR LASER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a semiconductor laser, which is superior in productivity and is provided with a p-side electrode having an ohmic contact of a low contact resistivity.

SOLUTION: A semiconductor laser comprises an N-type InP clad layer 9, an InGaAsP active layer 8 and a p-type InP clad layer 7, which are arranged in order on one main surface of an n-type InP substrate 10, a tunnel diode structure 20, which is constituted of p-type and n-type heavily doped InP layers 3 and 2 arranged in order on the layer 7, a p-side electrode 1 arranged on the structure 20 and an n-side electrode 11 arranged on the surface on the opposite side to one main surface of the substrate 10.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 14.05.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3444703

[Date of registration] 27.06.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-74246

(43) 公開日 平成9年(1997)3月18日

(51) Int.Cl.⁵
H01S 3/18

識別記号 片内発振番号

P I
H01S 3/18

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 8 OL (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平7-230006

(22) 出願日 平成7年(1995)9月7日

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 高木 和久

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

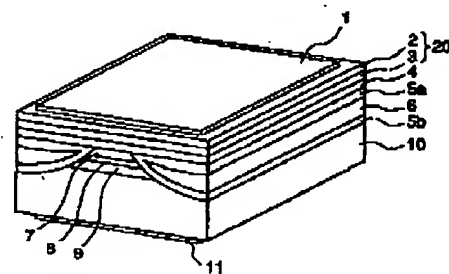
(70) 代理人 弁護士 早瀬 豊一

(54) 【発明の名称】 半導体レーザ

(57) 【要約】

【課題】 生産性に優れ、コンタクト抵抗率の低いオーミックコンタクトを有するp側電極を備えた半導体レーザを提供する。

【解決手段】 n型InP基板10の一主面上に順次配置されたn型InPクラッド層9、InGaAsP活性層8、p型InPクラッド層7と、該p型クラッド層7上に順次配置された、高濃度p型InP層3と高濃度n型InP層2とにより構成されるトンネルダイオード構造20と、該トンネルダイオード構造20上に配置されたp側電極1と、上記基板10の一主面と反対側の面上に配置されたn側電極11とを備えるようにした。



1: p側電極
2: n⁺-InP層
3: p⁺-InP層
4: p-InPキャップ層
5a, 5b: i-InP電流ブロック層
6: n-InP電流ブロック層

7: p-InPクラッド層
8: InGaAsP活性層
9: n-InPクラッド層
10: n-InP基板
11: n側電極
20: トンネルダイオード構造

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 n型半導体基板と、

該n型半導体基板の一主面上に配置されたn型クラッド層と、

該n型クラッド層上に配置された活性層と、

該活性層上に配置されたp型クラッド層と、

該p型クラッド層上に順次配置された、上記活性層よりも実効的なバンドギャップエネルギーが大きい材料からなる高濃度p型半導体層と高濃度n型半導体層とにより構成されるトンネルダイオード構造と、

該トンネルダイオード構造上に配置された、n型の半導体材料に対するコンタクト抵抗率の小さい金属材料からなるp側電極と、

上記基板の一主面と反対側の面上に配置された、n型の半導体材料に対するコンタクト抵抗率の小さい金属材料からなるn側電極とを備えたことを特徴とする半導体レーザ。

【請求項2】 請求項1に記載の半導体レーザにおいて、

上記活性層は波長1 μ m以上の光を発光する構造を有しており、

上記高濃度p型半導体層は高濃度p型InP層であり、上記高濃度n型半導体層は高濃度n型InP層であることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項3】 請求項1に記載の半導体レーザにおいて、

上記n型半導体基板、n型クラッド層、及び高濃度n型半導体層の材料はn型InPであり、

上記p型クラッド層、及び高濃度p型半導体層の材料はp型InPであり、

上記活性層は単層又は複層のInGaAsPからなり、上記p側電極及びn側電極は、Cr/Au、又はTi/Pt/Auのうちのいずれか一方であることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項4】 請求項1に記載の半導体レーザにおいて、

上記n型半導体基板の材料はn型InGaAsであり、18記n型クラッド層、及び高濃度n型半導体層の材料はn型InPであり、

上記p型クラッド層、及び高濃度p型半導体層の材料はp型InPであり、

上記活性層は単層又は複層のInGaAsPからなり、上記p側電極及びn側電極は、Cr/Au、又はTi/Pt/Auのうちのいずれか一方であり、

上記活性層とn型半導体基板の距離は、上記活性層から発生する光が上記基板に達しない距離となるよう調整されていることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項5】 n型半導体基板と、

該n型半導体基板の一主面上に順次配置された高濃度n型半導体層と高濃度p型半導体層とにより構成されるト

(2)

特開平9-74246

2

ンネルダイオード構造と、

該トンネルダイオード構造上に配置されたp型クラッド層と、

該p型クラッド層上に配置された、上記トンネルダイオード構造を構成する材料よりも実効的なバンドギャップエネルギーの小さい材料からなる活性層と、

該活性層上に配置されたn型クラッド層と、

該n型クラッド層上に配置されたn型コンタクト層と、

10 該n型コンタクト層上に配置された、n型の半導体材料に対するコンタクト抵抗率の小さい金属材料からなるn側電極と、

上記基板の一主面と反対側の面上に配置された、n型の半導体材料に対するコンタクト抵抗率の小さい金属材料からなるp側電極とを備えたことを特徴とする半導体レーザ。

【請求項6】 請求項5に記載の半導体レーザにおいて、

上記活性層は波長1 μ m以上の光を発光する構造を有しており、

20 上記高濃度p型半導体層は高濃度p型InP層であり、上記高濃度n型半導体層は高濃度n型InP層であることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項7】 請求項5に記載の半導体レーザにおいて、

30 上記n型半導体基板、高濃度n型半導体層、n型クラッド層、及びn型コンタクト層の材料はn型InPであり、

上記高濃度p型半導体層、及びp型クラッド層の材料はp型InPであり、

上記活性層は単層又は複層のInGaAsPからなり、上記p側電極及びn側電極は、Cr/Au、又はTi/Pt/Auのうちのいずれか一方であることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項8】 請求項5に記載の半導体レーザにおいて、

上記n型半導体基板の材料はn型InGaAsであり、高濃度n型半導体層、n型クラッド層、及びn型コンタクト層の材料はn型InPであり、

40 上記高濃度p型半導体層、及びp型クラッド層の材料はp型InPであり、

上記活性層は単層又は複層のInGaAsPからなり、上記p側電極及びn側電極は、Cr/Au、又はTi/Pt/Auのうちのいずれか一方であり、

上記活性層とn型半導体基板の距離は、上記活性層から発生する光が上記基板に達しない距離となるよう調整されていることを特徴とする半導体レーザ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、半導体レーザに関し、特に、コンタクト抵抗率の低いオーミックコンタ

(3)

特開平9-74248

3

クトを有する電極を備えた半導体レーザに関するものである。

【0002】

【従来の技術】図5は従来の半導体レーザの構造を示す斜視図であり、図において、1はp側電極で、蒸着により形成したクロム(Cr)上に金(Au)をメッキしてなるCr/Au等により構成されている。19は厚さが約1~2 μm で不純物濃度が $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ であるp型(以下、p-と称す)InGaAsコンタクト層、4は不純物濃度が $2 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ であるp-InPキャップ層、5a、5bは真性(i-)InP電流ブロック層、6は不純物濃度が $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ であるn-InP電流ブロック層、7は不純物濃度が $2 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ であるp-InPクラッド層で、このクラッド層7と上記p-InPキャップ層4とを合わせた厚さが約1.8 μm である。8は厚さ約0.2 μm のアンダーのInGaAsP活性層、9は厚さが約1.8 μm で不純物濃度が $1 \sim 2 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ であるn型(以下、n-と称す)InPクラッド層、10はn-InP基板、11はn側電極で、蒸着により形成したCr上にAuをメッキしてなるCr/Au等により構成されている。その他の電極材料としては順次交互に少なくとも1周期以上積層したチタン(Ti)層と白金(Pt)層の表面にAuメッキを行って形成したTi/Pt/Au等が挙げられる。なお、上記p-クラッド層7、活性層8、n-クラッド層9、及び基板10の上部はメサストライプ構造を形成している。

【0003】次に製造方法について説明する。まず、n-InP基板10を用意し、該基板10上に順次n-InPクラッド層9、アンダーのInGaAsP活性層8、p-InPクラッド層7をMOCVD(metal organic chemical vapor deposition)法を用いて結晶成長させる。

【0004】続いて、p-InPクラッド層7上にストライプ形状のSiN等の絶縁膜(図示せず)を形成し、これをマスクとして、上記p-InPクラッド層7から基板10に達する深さまでエッチングを行い、メサストライプ形状を形成し、さらに、この絶縁膜をマスクとして上記メサストライプ形状を埋め込むように電流ブロック層5a、電流ブロック層6、及び電流ブロック層5bを順次MOCVD法等により結晶成長させる。

【0005】次に、上記絶縁膜を除去した後、電流ブロック層5b上、及びp-InPクラッド層7上にキャップ層4、コンタクト層19を形成し、該コンタクト層19上にCr層を蒸着し、該Cr層上にAuメッキを行いp側電極1を形成するとともに、基板10の裏面側にもCr層上にAuメッキを行いn側電極11を形成して半導体レーザを得る。

【0006】次に動作について説明する。p側電極1が正、n側電極11が負となるように電流を流すと、ホー

4

ルがp側電極1からp-コンタクト層19、p-キャップ層4、p-クラッド層7を経て活性層8に、また電子がn側電極11からn-基板10、n-クラッド層9を経て活性層8にそれぞれ注入され、活性層8内でホールと電子の発光再結合が起こり、活性層8からレーザ光が発生する。このとき、i-電流ブロック層5a、5b、及びn-電流ブロック層6が形成されている領域には電流は流れず、電流はメサストライプ構造にのみ誘導されて流れる。なお、この電流ブロック層の構造としては、一般的なレーザ構造に用いられるその他の構造を用いるようにしてもよい。

【0007】ここで、従来の半導体レーザにおいては、p-InGaAsコンタクト層19は、通常Cr/Auからなる電極1と半導体層からなる部分との間で低抵抗率であるオーミック接触を得るために必要なものである。このコンタクト層19を設けずに、p-InPキャップ層4等のp-InPからなる層の上部に直接、p側電極1を設けようとする、p-InPとCr等の電極金属との間で真空準位の差が、一般にn-InPとCr等の電極金属との差よりも大きいので、n側電極11をn-InP基板10の裏面に形成する場合に比べて、低抵抗率なオーミック電極を安定に得ることが困難である。

【0008】一例を示すと、電極の金属材料としてCrを用いる場合、このCrの仕事関数は約4.5eVで、p-InPの仕事関数が5.9eVであるのでその差が1.4eVであるのに対し、n-InPの仕事関数が4.1eVであるのでその差は0.4eVであるため、p-InP層と電極を構成する金属とのコンタクト抵抗率の低いオーミック電極を安定に得ることは困難であることがわかる。

【0009】そこで、p-InPキャップ層4の上にp-InGaAsコンタクト層19を成長すれば、p-InGaAsはp-InPに比べ高濃度、例えば $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 程度のドーピングが可能となり、低コンタクト抵抗率のオーミック電極をp側電極1として得ることができる。

【0010】しかしながら、p-InGaAsは波長1~1.5 μm の光に対する吸収係数が $8 \times 10^4 \text{cm}^{-1}$ と大きく、屈折率も3.55とp-クラッド層7を構成するInPの屈折率3.18よりも大きい。このためInGaAs層を活性層に近づけると、活性層8が特に1 μm 以上の光を発光する構造である場合においては、活性層8で発生したレーザ光の一部がp-InGaAs層19に吸収されてしまい、半導体レーザとしての効率、しきい電流等の特性の低下が生じる。

【0011】このような問題を選けるにはp-InGaAsコンタクト層19に活性層8からの光が到達しないように、p-InPキャップ層4の厚さを十分に厚くする必要があり、

5

【0012】図3に活性層8をInGaAsP、p-クラッド層7をInPとした従来の半導体レーザにおける基板1に垂直な方向の光の拡がり角を示した図を示す。図において、横軸は基板1の成長表面に対して垂直な方向の距離、縦軸は最大値を1としたときの光強度を示している。

【0013】また、図4に従来の半導体レーザにおける活性層8からp-InGaAsコンタクト層19までの距離とInGaAsコンタクト層19による光吸収損失との関係を、図3の光強度分布をもとに計算した結果を示す。図において横軸は活性層8とInGaAsコンタクト層19との距離、縦軸はInGaAs層による光の吸収損失を示している。なお、このときのレーザ光の波長は1.55μmとしている。

【0014】図4からわかるように、p-InGaAsコンタクト層19による光の吸収の影響を完全に生じないようにするには、活性層8とInGaAsコンタクト層18との間を約2μm以上離す必要がある。

【0015】しかしながら、p-InGaAsコンタクト層19と活性層8との間を約2μm以上とするためには、p-InPクラッド層7とp-InPキャップ層4とを2μm以上に成長させる必要があるが、MOCVD法では結晶成長速度はほぼ1μm/時間であるため、2μm以上のp-InPを成長するには2時間以上の作業時間を必要とし、これにより半導体レーザの生産性が低下し、これが半導体レーザのコストを押し上げる一因となっていた。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】以上のように、従来の半導体レーザにおいては、p-InGaAsコンタクト層19を用いてp側電極1との良好なオーミックコンタクトを形成するようにしていたが、このp-InGaAsコンタクト層19による光吸収を無くすためには、2μm以上のp-InPを成長する必要があったため、半導体レーザの生産性が悪く、低抵抗率のオーミックコンタクトを有するp側電極を備えた半導体レーザを安価に得ることが困難であった。

【0017】そのため、従来から、半導体レーザのコスト低減のために、p-InGaAsコンタクト層19にかえて、光の吸収が少なくかつp側電極材料と良好で安定したオーミックコンタクトが得られる構造を備えた層を用いた半導体レーザの形成が望まれていた。

【0018】本発明は上記のような問題点を解消するためになされたものであり、生産性に優れ、コンタクト抵抗率の低いオーミックコンタクトを有するp側電極を備えた半導体レーザを提供することを目的とする。

【0019】

【課題を解決するための手段】この発明に係る半導体レーザは、n型半導体基板と、該n型半導体基板の一主面上に配置されたn型クラッド層と、該n型クラッド層上

(4)

特開平9-74248

6

に配置された活性層と、該活性層上に配置されたp型クラッド層と、該p型クラッド層上に順次配置された、上記活性層よりも実効的なバンドギャップエネルギーが大きい材料からなる高濃度p型半導体層と高濃度n型半導体層とにより構成されるトンネルダイオード構造と、該トンネルダイオード構造上に配置された、n型の半導体材料に対するコンタクト抵抗率の小さい金属材料からなるp側電極と、上記基板の一主面と反対側の面上に配置された、n型の半導体材料に対するコンタクト抵抗率の小さい金属材料からなるn側電極とを備えるようにしたものである。

【0020】また、上記半導体レーザにおいて、上記活性層は波長1μm以上の光を発光する構造を有しており、上記高濃度p型半導体層は高濃度p型InP層であり、上記高濃度n型半導体層は高濃度n型InP層であるようにしたものである。

【0021】また、上記半導体レーザにおいて、上記n型半導体基板、n型クラッド層、及び高濃度n型半導体層の材料はn型InPであり、上記p型クラッド層、及び高濃度p型半導体層の材料はp型InPであり、上記活性層は単層又は複層のInGaAsPからなり、上記p側電極及びn側電極は、Cr/Au、又はTi/Pt/Auのうちのいずれか一方であるようにしたものである。

【0022】また、上記半導体レーザにおいて、上記n型半導体基板の材料はn型InGaAsであり、上記n型クラッド層、及び高濃度n型半導体層の材料はn型InPであり、上記p型クラッド層、及び高濃度p型半導体層の材料はp型InPであり、上記活性層は単層又は複層のInGaAsPからなり、上記p側電極及びn側電極は、Cr/Au、又はTi/Pt/Auのうちのいずれか一方であり、上記活性層とn型半導体基板の距離は、上記活性層から発生する光が上記基板に透しない距離となるよう調整されているようにしたものである。

【0023】また、この発明に係る半導体レーザは、n型半導体基板と、該n型半導体基板の一主面上に順次配置された高濃度n型半導体層と高濃度p型半導体層とにより構成されるトンネルダイオード構造と、該トンネルダイオード構造上に配置されたp型クラッド層と、該p型クラッド層上に配置された、上記トンネルダイオード構造を構成する材料よりも実効的なバンドギャップエネルギーの小さい材料からなる活性層と、該活性層上に配置されたn型クラッド層と、該n型クラッド層上に配置されたn型コンタクト層と、該n型コンタクト層上に配置された、n型の半導体材料に対するコンタクト抵抗率の小さい金属材料からなるn側電極と、上記基板の一主面と反対側の面上に配置された、n型の半導体材料に対するコンタクト抵抗率の小さい金属材料からなるp側電極とを備えるようにしたものである。

【0024】また、上記半導体レーザにおいて、上記活

7

性層は波長 $1\mu\text{m}$ 以上の光を発光する構造を有しており、上記高濃度p型半導体層は高濃度p型InP層であり、上記高濃度n型半導体層は高濃度n型InP層であるようにしたものである。

【0025】また、上記半導体レーザにおいて、上記n型半導体基板、高濃度n型半導体層、n型クラッド層、及びn型コンタクト層の材料はn型InPであり、上記高濃度p型半導体層、及びp型クラッド層の材料はp型InPであり、上記活性層は単層又は複層のInGaAsPからなり、上記p側電極及びn側電極は、Cr/Au、又はTi/Pt/Auのうちのいずれか一方であるようにしたものである。

【0026】また、上記半導体レーザにおいて、上記n型半導体基板の材料はn型InGaAsであり高濃度n型半導体層、n型クラッド層、及びn型コンタクト層の材料はn型InPであり、上記高濃度p型半導体層、及びp型クラッド層の材料はp型InPであり、上記活性層は単層又は複層のInGaAsPからなり、上記p側電極及びn側電極は、Cr/Au、又はTi/Pt/Auのうちのいずれか一方であり、上記活性層とn型半導体基板の距離は、上記活性層から発生する光が上記基板に達しない距離となるよう調整されているようにしたものである。

【0027】

【発明の実施の形態】

実施の形態1. この発明の実施の形態1に係る半導体レーザ(図1)は、n型半導体基板(10)と、該n型半導体基板(10)の一主面上に配置されたn型クラッド層(9)と、該n型クラッド層(9)上に配置された活性層(8)と、該活性層(8)上に配置されたp型クラッド層(7)と、該p型クラッド層(7)上に順次配置された、上記活性層(8)よりも実効的なバンドギャップエネルギーが大きい材料からなる高濃度p型半導体層(3)と高濃度n型半導体層(2)とにより構成されるトンネルダイオード構造(20)と、該トンネルダイオード構造(20)上に配置された、n型の半導体材料に対するコンタクト抵抗率の小さい金属材料からなるp側電極(1)と、上記基板(10)の一主面と反対側の面上に配置された、n型の半導体材料に対するコンタクト抵抗率の小さい金属材料からなるn側電極(11)とを備える構成としたものであり、電流の流れる方向と逆バイアス方向となるように高濃度p型半導体層(3)と高濃度n型半導体層(2)とを配置してなるトンネルダイオード構造(20)を設けたことにより、高濃度n型半導体層(2)上にp側電極(1)を設けることが可能となり、p型の半導体層上にp側電極(1)を設ける場合に比べて、p側電極(1)のオーミックコンタクトのコンタクト抵抗率を小さくすることができるとともに、このトンネルダイオード構造(20)の内部のコンタクト抵抗率も小さいため、p側電極(1)の実効的なコンタ

(5)

特開平8-74246

8

クト抵抗率を小さくすることができ、コンタクト抵抗率の低いオーミックコンタクトを有するp側電極を備えた半導体レーザを提供することができる作用効果がある。

【0028】さらに、高濃度p型半導体層(3)と高濃度n型半導体層(2)とのバンドギャップエネルギーが活性層(8)のバンドギャップエネルギーよりも大きい場合、トンネルダイオード構造(20)において活性層(8)の光の吸収が起こらず、活性層(8)とトンネルダイオード構造(20)との間の距離を活性層(8)において発生する光の広がりにあわせて大きくする必要がなくなり、活性層(8)とトンネルダイオード構造(20)との間の距離を広げるための工程を短縮でき、生産性に優れた半導体レーザを提供できる作用効果がある。

【0029】実施の形態2. また、この発明の実施の形態1に係る半導体レーザ(図2)は、n型半導体基板(10)と、該n型半導体基板(10)の一主面上に順次配置された高濃度n型半導体層(2)と高濃度p型半導体層(3)とにより構成されるトンネルダイオード構造(20)と、該トンネルダイオード構造(20)上に配置されたp型クラッド層(7)と、該p型クラッド層(7)上に配置された、上記トンネルダイオード構造(20)を構成する材料よりも実効的なバンドギャップエネルギーの小さい材料からなる活性層(8)と、該活性層(8)上に配置されたn型クラッド層(9)と、該n型クラッド層(9)上に配置されたn型コンタクト層(12)と、該n型コンタクト層(12)上に配置された、n型の半導体材料に対するコンタクト抵抗率の小さい金属材料からなるn側電極(21)と、上記基板の一主面と反対側の面上に配置された、n型の半導体材料に対するコンタクト抵抗率の低い金属材料からなるp側電極(31)とを備えた構成としたものであり、電流の流れる方向と逆バイアス方向となるように高濃度p型半導体層(3)と高濃度n型半導体層(2)とを配置してなるトンネルダイオード構造(20)を設けたことにより、n型の基板(10)の裏面上にp側電極(31)を設けることが可能となり、p型の半導体層上にp側電極(31)を設ける場合に比べて、p側電極(31)のオーミックコンタクトのコンタクト抵抗率を小さくすることができるとともに、このトンネルダイオード構造(20)の内部のコンタクト抵抗率も小さいため、p側電極(31)の実効的なコンタクト抵抗率を小さくすることができ、コンタクト抵抗率の低いオーミックコンタクトを有するp側電極を備えた半導体レーザを提供することができる作用効果がある。

【0030】

【実施例】

実施例1. 図1は本発明の実施例1の半導体レーザの構造を示す斜視図であり、図において、1はp側電極で、蒸着により形成したCr層の表面にAuメッキを行って形成したCr/Au等により構成されている。2は不純

9

物濃度が約 $6.3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ である高濃度 n 型 (以下、 n^+ と称す) InP 層、3 は不純物濃度が $8.3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ である高濃度 p 型 (以下、 p^+ と称す) InP 層であり、この $n^+ - \text{InP}$ 層 2 と $p^+ - \text{InP}$ 層 3 とはトンネルダイオード構造 20 を形成しており、 p 側電極 1 側には $n^+ - \text{InP}$ 層 2 が配置されている。なお、上記 p 側電極 1 の材料としては、この高濃度 n 型 InP 層と低コンタクト抵抗率のオーミックコンタクトを形成しやすい材料が用いられ、上記 Cr/Au 以外のその他の電極材料としては順次交互に少なくとも 1 周期以上積層した Ti 層と Pt 層の表面に Au メッキを行って形成した $\text{Ti}/\text{Pt}/\text{Au}$ 等が挙げられる。4 は不純物濃度が $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ である p 側 (以下、 p^- と称す) InP キャップ層、5a、5b は真性 (i) InP 電流ブロック層、6 は不純物濃度が $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ である $n^- - \text{InP}$ 電流ブロック層、7 は不純物濃度が $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ である $p^- - \text{InP}$ クラッド層、8 は厚さ約 $0.2 \mu\text{m}$ のアンダーの InGaAsP 活性層、9 は厚さが約 $1.8 \mu\text{m}$ で不純物濃度が $1 \sim 2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ である n 型 (以下、 n^- と称す) InP クラッド層、10 は $n^- - \text{InP}$ 基板、11 は基板 10 とオーミックコンタクトをとりやすい金属材料からなる n 側電極で、 Cr/Au 等により構成されている。その他の電極材料としては順次交互に少なくとも 1 周期以上積層した Ti 層と Pt 層の表面に Au メッキを行って形成した $\text{Ti}/\text{Pt}/\text{Au}$ 等が挙げられる。なお、上記 p - クラッド層 7、活性層 8、 n^- - クラッド層 9、及び基板 10 の上部はメサストライプ構造を形成している。

【0031】次に製造方法について説明する。まず、 $n^- - \text{InP}$ 基板 10 を用意し、該基板 10 上に順次 $n^- - \text{InP}$ クラッド層 9、アンダーの InGaAsP 活性層 8、 $p^- - \text{InP}$ クラッド層 7 を MOCVD 法等を用いて結晶成長させる。

【0032】続いて、 $p^- - \text{InP}$ クラッド層 7 上にストライプ形状の SiN 等の絶縁膜 (図示せず) を形成し、これをマスクとして、上記 $p^- - \text{InP}$ クラッド層 7 から基板 10 に達する深さまでエッチングを行い、メサストライプ形状を形成し、さらに、この絶縁膜をマスクとして上記メサストライプ形状を埋め込むように電流ブロック層 5a、電流ブロック層 6、及び電流ブロック層 5b を順次 MOCVD 法等により結晶成長させる。

【0033】次に、上記絶縁膜を除去した後、電流ブロック層 5b 上、及び $p^- - \text{InP}$ クラッド層 7 上にキャップ層 4、 $p^- - \text{InP}$ 層 3、及び $n^+ - \text{InP}$ 層 2 を形成し、 $n^+ - \text{InP}$ 層 2 上に厚さ約 $0.5 \mu\text{m}$ の Cr 層を蒸着し、該 Cr 層上に $3 \sim 4 \mu\text{m}$ の Au メッキを行い p 側電極 1 を形成するとともに、基板 10 の裏面側に同様に Cr/Au からなる n 側電極 11 を形成して半導体レーザを得る。

【0034】次に動作について説明する。 p 側電極 1 が

(6)

特開平 9-74248

10

正、 n 側電極 11 が負となるように半導体レーザに順バイアス方向の電圧を印加すると、電流は p 側電極 1 から n 側電極 11 に向かって流れ、ホールが p 側電極 1 から $n^+ - \text{InP}$ 層 2、 $p^- - \text{InP}$ 層 3、 p^- キャップ層 4、 p^- クラッド層 7 を経て活性層 8 に、また電子が n 側電極 11 から n^- 基板 10、 n^- クラッド層 9 を経て活性層 8 にそれぞれ注入され、活性層 8 内でホールと電子の発光再結合が起こり、活性層 8 から光が発生し、レーザ動作が行われる。ここで、本実施例 1 の半導体レーザにおいては、 p 側電極 1 と p^- キャップ層 4 の間に $n^- - \text{InP}$ 層 2 及び $p^- - \text{InP}$ 層 3 からなるトンネルダイオード構造 20 が設けられており、このトンネルダイオード構造 20 には逆バイアス方向に電圧が印加されるが、トンネルダイオード構造 20 は高濃度に不純物がドーピングされており、トンネル効果が生じるため、その結果逆バイアス時の電圧降下は小さく、半導体レーザ全体の電圧降下には影響を与えない。なお、本実施例 1 のようなメサストライプ構造の半導体レーザにおいては、 i - 電流ブロック層 5a、5b、及び n^- 電流ブロック層 6 が形成されている領域には電流は流れず、電流はメサストライプ構造にのみ狭窄されて流れる。この電流ブロック層の構造としては、一般的な半導体レーザの構造に用いられるその他の構造を用いるようにしてもよい。

【0035】本実施例 1 の半導体レーザにおいては、 p^- キャップ層 4 上に該 p^- キャップ層 4 側が $p^- - \text{InP}$ 層 3 となるように $n^- - \text{InP}$ 層 2 及び $p^- - \text{InP}$ 層 3 からなるトンネルダイオード構造 20 を設け、該トンネルダイオード構造 20 上に p 側電極 1 を形成しているので、 p 側電極 1 が直接に接する $n^+ - \text{InP}$ 層 2 が電極金属に対してコンタクト抵抗率の低いオーミックコンタクトを形成しやすい n 型の InP 層であるため、 $n^+ - \text{InP}$ 層 2 と p 側電極 1 との真空準位の差を、 $p^- - \text{InP}$ と p 側電極 1 との真空準位の差と比べて小さくすることができ、 p 側電極 1 を $p^- - \text{InP}$ からなる層上に形成する場合よりもコンタクト抵抗率を小さくすることができ、 p 側電極 1 と半導体レーザの半導体層からなる部分とが接する部分においては極めて小さい、例えば $1 \times 10^{-4} \Omega \text{ cm}^2$ 以下のコンタクト抵抗率が容易に得られる。

【0036】また、 $n^+ - \text{InP}$ 層 2、 $p^- - \text{InP}$ 層 3 とともに p^- クラッド層 7 と同じ半導体材料により構成されているため、活性層 8 から出射される光に対して透明であり、光の吸収損失は極めて小さい。例えば、その吸収損失の値は、S.M.Sze 著 Physics of Semiconductor Device, p750 によれば波長が $1 \mu\text{m}$ 以上の光に対しては 10 cm^{-1} 以下となり、波長が特に $1 \mu\text{m}$ 以上の光であればほとんど吸収することがない。

【0037】ここで、吸収係数の差を上述した従来の半導体レーザと比較すると、例えば、波長 $1.5 \mu\text{m}$ の半導体レーザの場合、従来例で活性層 8 から InGaAs

11

コンタクト層19までの距離を1.8 μm とすると、 $p\text{-InGaAs}$ コンタクト層19での吸収係数を、上述した図4を用いて求めると、従来は 0.8 cm^{-1} あったものが、本実施例1では存在しなくなる。本実施例1の半導体レーザの活性層8自身の吸収係数は 20 cm^{-1} 程度であるので、この 0.8 cm^{-1} の吸収損失の低減は4%の吸収損失の改善に相当する。したがって、従来のように、吸収損失の影響を避けるために活性層8により発生する光の広がりに合わせて、 $p\text{-クラッド層7}$ と $p\text{-キャップ層4}$ の厚さを厚くする必要がなくなり、工程を短縮して、半導体レーザの生産性を向上させることができる。

【0038】また、本実施例1においては、トンネルダイオード構造20内部の $n^+\text{-InP}$ 層2と $p^+\text{-InP}$ 層3との界面にコンタクト抵抗が発生するとともに、 p 側電極1と $n^+\text{-InP}$ 層2との間のコンタクト抵抗が極めて小さいため、 p 側電極1の実質的なコンタクト抵抗はトンネルダイオード構造20内部のコンタクト抵抗となると考えられるが、トンネルダイオード構造20の $n^+\text{-InP}$ 層2と $p^+\text{-InP}$ 層3との界面におけるコンタクト抵抗率は $n^+\text{-InP}$ 層2、 $p^+\text{-InP}$ 層3のキャリア速度が共に $8.3 \times 10^{13}\text{ cm}^{-1}$ のときに、 $1 \times 10^{-4}\Omega\text{ cm}^2$ と、上述した従来の半導体レーザにおける $p\text{-InGaAs}$ コンタクト層19と Cr/Au からなる p 側電極1との間のコンタクト抵抗率と同等となり、さらに $n^+\text{-InP}$ 層2、 $p^+\text{-InP}$ 層3のキャリア速度を上げてそれぞれ $1 \times 10^{15}\text{ cm}^{-1}$ とすれば、 $4 \times 10^{-6}\Omega\text{ cm}^2$ となり、従来の半導体レーザの $p\text{-InGaAs}$ コンタクト層19と p 側電極1との間のコンタクト抵抗率よりも60%程度小さなコンタクト抵抗率が得られる。したがって、本実施例においては、 $n^+\text{-InP}$ 層2、 $p^+\text{-InP}$ 層3のキャリア速度を大きく、好ましくは $8.3 \times 10^{13}\text{ cm}^{-1}$ 以上にすることにより、半導体レーザの p 型電極の実質的なコンタクト抵抗率を低下させることができる。

【0039】以上のように本実施例1によれば、 $n\text{-InP}$ 基板1上にメサストライプ構造を形成する $n\text{-クラッド層9}$ 、活性層8、及び $p\text{-クラッド層7}$ を配置するとともに、該メサストライプ構造を埋め込むように $i\text{-電流ブロック層5a}$ 、 $n\text{-電流ブロック層6}$ 、及び $i\text{-電流ブロック層5b}$ を配置し、さらに、該 $i\text{-電流ブロック層5b}$ 上、及び上記 $p\text{-クラッド層7}$ 上に $p\text{-キャップ層4}$ 、及び $p^+\text{-InP}$ 層3と $n^+\text{-InP}$ 層2とからなるトンネルダイオード構造20を配置し、この $n^+\text{-InP}$ 層2上に p 側電極1を配置するようにしたから、 p 側電極1と接合される層を $n^+\text{-InP}$ 層2として、 p 側電極1とトンネルダイオード構造20とのコンタクト抵抗を低減させるとともに、トンネルダイオード構造20内部のコンタクト抵抗を低減させて、 p 側電極1の実質的なコンタクト抵抗率を小さくすることができ

(7)

特開平9-74246

12

る半導体レーザを提供できる効果がある。

【0040】また、トンネルダイオード構造20を活性層8により発生する光を吸収しない InP により形成して光の吸収損失を無くすることができるため、 $p\text{-クラッド層7}$ 及び $p\text{-キャップ層4}$ の厚さを薄くすることができ、生産性の向上を図ることができる半導体レーザを提供できる効果がある。

【0041】実施例2. 図2は本発明の実施例2による半導体レーザの構造を示す斜視図であり、図において、図1と同一符号は同一又は相当する部分を示しており、12は $n\text{-InP}$ コンタクト層、31はコンタクト層12とオーミックコンタクトをとりやすい金属材料からなる p 側電極で、蒸着により形成した Cr 層の表面に Au メッキを行って形成した Cr/Au 等により構成されている。21は Cr/Au 等からなる n 側電極、15は不純物濃度が約 $2 \times 10^{18}\text{ cm}^{-3}$ である $p\text{-InP}$ バッファ層、31は基板10とオーミックコンタクトをとりやすい金属材料からなる n 側電極で、 Cr/Au 等により構成されている。

【0042】図5に示した従来の半導体レーザは、基板の裏面側の電極が負、基板の表面側の電極が正となるように電圧を印加することにより、レーザ動作を得ることができる構造のものであったが、基板の裏面側の電極が負、基板の表面側の電極が正となるように電圧を印加してレーザ動作が得られる半導体レーザが必要となる場合がある。このような場合においては、上記従来の半導体レーザを變形し、即ち n 型基板10を p 型基板とし、 $n\text{-クラッド層9}$ を $p\text{-InP}$ クラッド層、 $p\text{-クラッド層7}$ を $n\text{-InP}$ クラッド層、 $p\text{-キャップ層4}$ 及び $p\text{-コンタクト層19}$ を $n\text{-InP}$ コンタクト層、 p 側電極1を n 側電極、 n 側電極11を p 側電極として、基板の導電型が逆の他の半導体レーザを形成することにより、基板の裏面側の電極が負、基板の表面側の電極が正となるように電圧を印加してレーザ動作が得られる構造の半導体レーザを形成していた。しかし、このような従来の他の半導体レーザにおいては、上記従来の半導体レーザにおいて説明したように、 $p\text{-InP}$ 基板とその裏面側の p 側電極とのオーミックコンタクトを低いコンタクト抵抗率となるように形成することが極めて困難であり、素子の特性改善の障害となっていたという問題があった。

【0043】本実施例2はこのような問題点を解決するためになされたものであり、図2に示すように、基板として n 型 InP 基板10を用いるとともに、該基板10上に基板10側が高濃度 n 型 InP 層2であるトンネルダイオード構造20、 $p\text{-バッファ層15}$ 、 $p\text{-クラッド層7}$ 、活性層8、 $n\text{-クラッド層9}$ を設け、これをメサストライプ形状に加工するとともに、このメサストライプ構造を埋め込むように $i\text{-電流ブロック層5a}$ 、 $n\text{-電流ブロック層6}$ 、 $i\text{-電流ブロック層5b}$ を形成し

13

た後、さらにメサストライプ構造上、及びi-電流ブロック層5b上にn-コンタクト層12を形成し、その後n-コンタクト層12上にn側電極21を、n-基板10の裏面側にp側電極31を設けた構造としたもので、基板10の裏面側のp側電極31を正とし、基板10の表面側のn側電極21を負となるよう電圧を印加することにより、レーザ動作が起るようにしたものである。

【0044】図2に示すように、本実施例2の半導体レーザにおいても、n側電極21とn-コンタクト層12とのオーミックコンタクトは、電極金属とn-InPとの接合となるので、容易にコンタクト抵抗率の低いオーミックコンタクトが得られるとともに、基板10上に電流の流れる方向に対して逆バイアス方向となるようにトンネルダイオード構造20を設けているため、トンネル効果により電流が流れ、電圧降下が小さいとともに、このトンネルダイオード構造20を成長させる基板として、n型の基板10が用いられるので、p側電極31と接合する基板をn型のInP基板として、p側電極31と基板10とのオーミックコンタクトを、電極金属とn-InPとの接合として、容易に $1 \times 10^{-4} \Omega \text{cm}^2$ 以下のコンタクト抵抗率が得られる。また、トンネルダイオード構造20内部のコンタクト抵抗率も、上記実施例1において説明したように、トンネルダイオード構造を形成する半導体層のキャリア濃度が高濃度であれば、十分に低い、例えば $1 \times 10^{-4} \Omega \text{cm}^2$ 以下のコンタクト抵抗率が得られ、この結果、p側電極31側の実質的なコンタクト抵抗率を低くすることができる。したがって、基板10の裏面側から基板10の表面に向かう方向に電流を流す構造の半導体レーザにおいても、p側電極と半導体層とのオーミックコンタクトにおけるコンタクト抵抗率が低い半導体レーザを得ることができる。

【0045】このように本実施例2によれば、n型InP基板10上にトンネルダイオード構造20を配置し、さらに該トンネルダイオード構造20上に、メサストライプ形状のp-バッファ層15、p-クラッド層7、活性層8、n-クラッド層9を配置するとともに、該メサストライプ構造を埋め込むようにi-電流ブロック層5a、n-電流ブロック層6、i-電流ブロック層5bを配置し、上記メサストライプ構造上、及びi-電流ブロック層5b上にn-コンタクト層12を配置し、n-コンタクト層12上にn側電極21を、n-基板10の裏面側にp側電極31を設けた構造としたから、基板10の裏面側から基板10の表面に向かう方向に電流を流す構造の半導体レーザにおいても、オーミック電極と半導体層とのオーミックコンタクトにおけるコンタクト抵抗率が低い半導体レーザを提供できる効果がある。

【0046】なお、上記実施例1及び2においては基板10の材料としてn-InPを用いた場合について説明したが、本発明は、基板として、その他の材料系の基

(8)

特開平9-74248

14

板、例えば、n-InGaAs三元混晶基板等を用いた構造の半導体レーザにおいても適用できるものであり、このような場合においても、上記実施例1及び2と同様の効果を奏する。

【0047】ただし、上記実施例1及び2の構造の半導体レーザにおいて、基板としてInGaAsを用いる場合においては、基板がInGaAsであるため、基板によるレーザ光の吸収を避けるために、InGaAsP活性層と基板との間の距離は2.5 μm 程度設けよう半導体レーザを設計する必要がある。

【0048】また、上記実施例1及び2においてはメサストライプ構造の半導体レーザを用いた場合において説明したが、本発明はリッジストライプ構造の半導体レーザ等のその他の電流挟持構造を備えた半導体レーザにおいても適用できるものであり、このような場合においても、上記実施例1及び2と同様の効果を奏する。

【0049】なお、上記実施例1及び2においては、活性層として単層のInGaAsP層を用いた場合について説明したが、本発明においては、その他の構造の活性層として、隣接するクラッド層に対して実効的なバンドギャップエネルギーの小さい材料及び構造からなる活性層、例えば複層のInGaAsP層からなる多重量子井戸(Multi Quantum Well: MQW)構造、あるいは単量子井戸(Single Quantum Well: SQW)構造の活性層等を用いるようにしてもよく、このような場合においても上記実施例1および2と同様の効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施例1による半導体レーザの構造を示す斜視図である。

【図2】 この発明の実施例2による半導体レーザの構造を示す斜視図である。

【図3】 従来の半導体レーザの基板に垂直な方向における光強度の分布を示す図である。

【図4】 従来の半導体レーザにおいてInGaAsコンタクト層と活性層との間の距離と、InGaAsコンタクト層で吸収される光の吸収係数との関係を示す図である。

【図5】 従来の半導体レーザの構造を示す斜視図である。

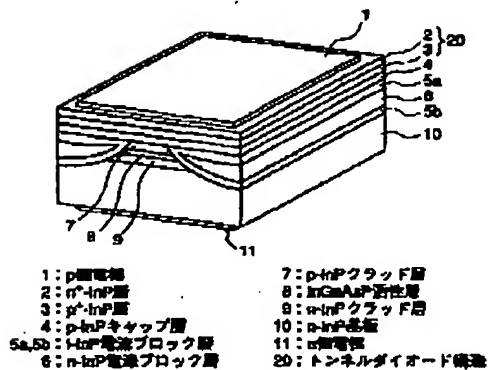
【符号の説明】

1, 31 p側電極、2 高濃度n型InP層、3 高濃度p型InP層、4 p型InPキャップ層、5a, 5b i-InP電流ブロック層、6 n型InP電流ブロック層、7 p型InPクラッド層、8 InGaAsP活性層、9 n型InPクラッド層、10 n型InP基板、11, 21 n側電極、12 n型InPコンタクト層、15 p型InPバッファ層、19 n型InGaAsコンタクト層、20 トンネルダイオード構造。

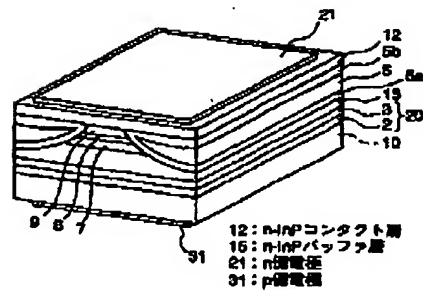
(9)

特開平9-74245

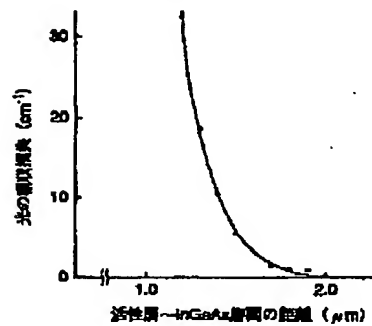
【図1】



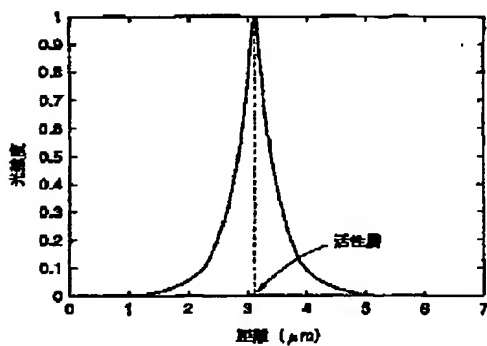
【図2】



【図4】



【図3】



【図5】

